

S.S. 554 "Cagliaritana"

Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000

Ex S.S.125 Orientale Sarda – Connessione tra la S.S.554 e la nuova S.S.554

PROGETTO DEFINITIVO

cod. CA352

PROGETTAZIONE: ATI VIA - LOTTI - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Francesco Nicchiarelli (Ord. Ing. Prov. Roma 14711)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: Dott. Ing. Massimo Capasso
(Ord. Ing. Prov. Roma 26031)
Responsabile Strutture: Dott. Ing. Giovanni Piazza
(Ord. Ing. Prov. Roma 27296)
Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: Dott. Ing. Sergio Di Maio
(Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)
Responsabile Ambiente: Dott. Ing. Francesco Ventura
(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Francesco Corrias

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



MANDANTI:



IMPIANTI TECNOLOGICI

Relazione Tecnica



CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

D P C A 0 3 5 2 D 1 9

NOME FILE

CODICE ELAB. T 0 0 I M 0 0 I M P R E 0 1

REVISIONE

A

SCALA:

--

D

C

B

A

REV.

EMISSIONE

DESCRIZIONE

FEB. 2020

DATA

F. LA IUPPA

REDATTO

M.A. CUCCARO

VERIFICATO

F. NICCHIARELLI

APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Generalità	3
1.2	Glossario	4
2	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI	6
3.1	Generalità	6
3.2	Impianto di illuminazione	6
3.3	Impianto a messaggio variabile - PMV	8
4	PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI	8
4.1	Dati di progetto	8
4.1.1	Caratteristiche dell'alimentazione	8
4.1.2	Condizioni ambientali	9
4.2	Impianto elettrico – scelte progettuali	10
4.2.1	Suddivisione dell'impianto	10
4.3	Criteri di calcolo delle correnti di corto circuito	10
4.3.1	Corrente di corto circuito trifase simmetrica	10
4.3.2	Corrente di corto circuito monofase	11
4.4	Criteri di dimensionamento dei conduttori BT	11
4.4.1	Portata del conduttore	11
4.4.2	Scelta della sezione del conduttore	12
4.4.3	Caduta di tensione	12
4.4.4	Verifica della protezione contro i sovraccarichi	12
4.5	Criteri di scelta e dimensionamento delle protezioni	13
4.5.1	Protezione contro le sovracorrenti	13
4.5.2	Dimensionamento degli interruttori automatici	15
4.5.3	Protezione contro i contatti diretti	16
4.5.4	Protezione contro i contatti indiretti	16
4.6	Distribuzione elettrica svincoli	17

5	SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE – IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	18
5.1	Generalità	18
5.2	Criteri progettuali svincoli	18
5.3	Descrizione generale degli impianti d’illuminazione,	20
5.3.1	Caratteristiche dei sostegni	20
5.3.2	Basamenti:	21
5.3.3	Posa dei pali:	22
5.4	Apparecchi illuminanti	22
5.4.1	Tipologia apparecchi	22
5.5	Caratteristiche corpi illuminanti	22
5.5.1	Montaggio	23
5.6	Cavidotti	23
5.6.1	Tipo di posa	23
5.6.2	Pozzetti	24
5.7	Caratteristiche impianto elettrico	24
5.7.1	Sezioni e distribuzione delle linee di alimentazione	25
5.7.2	Sfilabilità dei cavi	25
5.7.3	Collegamento delle fasi ai punti luce	25
5.7.4	Giunzioni	25
5.7.5	Identificazione dei circuiti e delle fasi	25
5.7.6	Derivazioni verso le armature stradali	26
5.8	Impianto di terra	26
5.9	Quadri elettrici	27
5.9.1	Caratteristiche	27
5.9.2	Sistema onde convogliate	27

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

Questo documento costituisce la relazione tecnica relativa alla progettazione definitiva degli impianti di illuminazione delle intersezioni nell'ambito del progetto: "SS 554 - Adeguamento tipo B dal km 12 al km 18".

L'intervento prevede anche la realizzazione di un sistema per la comunicazione agli utenti basato su pannelli a messaggio variabile (PMV), interfacciato tramite sistema RMT alla sala operativa compartimentale e la realizzazione di una doppia condotta per energia (con due cavidotti da 110 mm) e per segnali (tritubo 3x50 mm con fibra ottica) per tutta la tratta.

Note generali

Il presente documento descrive la metodologia di dimensionamento degli impianti elettrici. In particolare si evidenzia che:

- i calcoli allegati sono sviluppati con programmi software dedicati, i quali utilizzano le apparecchiature elettriche delle principali ditte fornitrici, universalmente riconosciuti di elevata affidabilità e debitamente validati;
- i risultati dei calcoli dimensionali di linee e interruttori sono riportati anche sugli schemi unifilari di potenza dei quadri elettrici;

In ogni svincolo l'impianto di illuminazione trae origine da una fornitura in loco in bassa tensione; le caratteristiche della fornitura prevedono una tensione di linea di 400 V.

Il sistema è classificabile TT circa lo stato del neutro e del conduttore di protezione rispetto a terra.

Gli impianti dei vari svincoli presentano caratteristiche simili tra loro: le utenze costituite dai corpi illuminanti posti sulle rampe di svincolo e sulle corsie di accelerazione e decelerazione sono collegate ad un quadro elettrico posizionato a ridosso della viabilità principale, in posizione il più possibile baricentrica.

Tutte le altre utenze sono collegate a quadri elettrici posizionati in modo da essere facilmente raggiungibili dalla viabilità locale, per un'agevole manutenzione da parte dell'ente competente.

Ogni quadro permette la distribuzione dell'energia elettrica alle varie utenze per mezzo di interruttori automatici a protezione delle linee in uscita.

La derivazione dei cavi per ogni palo avviene nell'apposita morsettiera di connessione ubicata nel palo in una cassetta di derivazione IP67 (vedi elaborati grafici).

Il dimensionamento delle linee ha tenuto conto del coordinamento tra la corrente di impiego, quelle di intervento delle protezioni e le correnti massime consentite dai cavi nelle condizioni di posa previste.

La posa dei cavi di alimentazione avverrà all'interno di cavidotti interrati, costituiti da tubi protettivi a doppio strato in polietilene strutturato ad alta densità, corrugato esternamente e con parete interna liscia, resistenza allo schiacciamento di 450 N, completo di giunto a manicotto conforme alle norme CEI EN 50086-1-2-4, con diametro esterno mm 110.

I cavi di alimentazione sono di tipo ARG7R 0,6/1 kV con conduttore in alluminio, isolati con mescola etilenpropilenica, guaina esterna a base di P.V.C. e riempitivi in materiale non igroscopico nelle formazioni multipolari, tensione nominale U₀/U 0,6/1 KV. I cavi di alimentazione dei singoli punti luce saranno del tipo FG7OR oppure FG16OR16 2x2,5 mmq.

1.2 Glossario

Di seguito si riporta il significato di acronimi e/o di altri nomi tecnici utilizzati in questo documento.

Acronimo	Descrizione
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
CIE	International Commission on Illumination
LED	Light Emitting Diode
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione

2 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi applicabili alla progettazione esecutiva degli impianti di illuminazione.

Le principali norme applicabili sono:

- UNI EN 40-5:2003 Pali per illuminazione pubblica - Requisiti per pali per illuminazione pubblica di acciaio
- UNI EN 40-3-3:2013 Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica - Verifica mediante calcolo
- UNI EN 40-2:2004 Pali per illuminazione pubblica - Parte 2: Requisiti generali e dimensioni
- UNI 11248:2016 Illuminazione stradale . - Selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI EN 12464-2:2014 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- UNI EN 13201-2:2016 Illuminazione stradale . - Parte 2: Requisiti prestazionali
- UNI EN 13201-3: 2016 Illuminazione stradale . - Parte 3: Calcolo delle prestazioni
- UNI EN 13201-4: 2016 Illuminazione stradale . - Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche.
- UNI EN 13201-5: 2016 Illuminazione stradale . - Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche.
- UNI 10819:1999 Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.
- CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic
- CIE 126:1997 Guidelines for minimizing sky glow
- CIE 136:2000 Guide to the Lighting of Urban Areas
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto.
- CEI 0-21 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI del CT3 - Documentazione e Segni Grafici. Tutti i fascicoli in vigore.
- CEI 8-6 Tensioni nominali dei sistemi elettrici di distribuzione pubblica a bassa tensione.
- CEI 11-17:2011 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.
- CEI 11-25 Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a corrente alternata.
- CEI 11-26 Calcolo degli effetti delle correnti di corto circuito.
- CEI 11-28 Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione.
- CEI 11-48 (CEI EN 50110-1) Esercizio degli impianti elettrici.
- CEI 11-49 (CEI EN 50110-2) Esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali).
- CEI del CT16 - Contrassegni dei terminali ed altre identificazioni: tutti i fascicoli in vigore.

- CEI 16-2 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione - Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori.
- CEI 16-4 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione - Individuazione dei conduttori tramite colori o codici alfanumerici.
- CEI 16-7 Elementi per identificare i morsetti e la terminazione dei cavi.
- CEI EN 61439-1-2-3 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre.
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.) non di serie (ANS).
- CEI 17-52 Metodo per la determinazione della tenuta al cortocircuito delle apparecchiature assiemate non di serie (ANS).
- CEI 17-70 Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione.
- CEI 17-71 Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione". Prescrizioni generali.
- CEI 20-13, 20-14, 20-19, 20-20, 20-22, 20-35, 20-36, 20-37, 20-45, 20-65, relativamente ai vari tipi di cavi elettrici.
- CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1: in regime permanente (fattore di carico 100%).
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione.
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi a 0,6/1 kV.
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- CEI 64-7 Impianti di illuminazione situati all'esterno con alimentazione serie
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale o terziario.
- CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (Codice IP).
- Norme del CT 70 - involucri di protezione: tutti i fascicoli.
- CEI 81-10/1 Protezione contro i fulmini. Parte 1: principi generali.
- CEI 81-10/2 Protezione contro i fulmini. Parte 2: valutazione del rischio.
- CEI 81-10/3 Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
- CEI 81-10/4 Protezione contro i fulmini. Parte 4: impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.
- CEI EN 60598-1:2009 Apparecchi di illuminazione - Parte 1: Prescrizioni generali e prove
- CEI EN 60598-2-3:2003 Apparecchi di illuminazione - Parte 2-3: Prescrizioni particolari - Apparecchi per illuminazione stradale
- CEI UNI 70029:1998 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza
- CEI UNI 70030:1998 Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa
- Tabelle CEI-UNEL 00721 Colori del rivestimento esterno dei cavi interrati.

- Tabelle CEI-UNEL 00722 Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali Uo/U non superiori a 0,6/1 kV.

Le principali disposizioni legislative applicabili sono:

- Direttiva Presidenza Consiglio Ministri 3/3/99 "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici";
- DM 21 Marzo 1988, n° 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche esterne";
- DM 5 novembre 2001 e s.m.i. "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- DM 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- DPR 495/92 e s.m.i. "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada";
- Legge n° 186 del 01.03.1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici costruiti "a regola d'arte".
- Legge n° 791 del 18.01.1977 Attuazione della Direttiva n° 73/23/CEE (abrogata dalla Direttiva n° 2006/95/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere impiegato entro alcuni limiti di tensione.
- Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008 "Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici"
- D.lgs 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i. - Nuovo codice della strada
- D.lgs. n° 81/2008 e s.m.i. "Testo Unico sulla Sicurezza".

Le direttive applicabili sono

- 2006/95/CE Direttiva Bassa Tensione.
- 2004/108/CE Direttiva compatibilità elettromagnetica

N.B.

L'elenco dei cui sopra è stato fatto includendo anche leggi e norme superate che andranno prese solo come riferimento a carattere generale

3 DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

3.1 Generalità

Questo capitolo inquadra l'intervento di progettazione relativo agli impianti di illuminazione delle intersezioni nell'ambito del progetto: "SS 554 - Adeguamento tipo B dal km 12 al km 18" ed al sistema per la comunicazione agli utenti basato su pannelli a messaggio variabile (PMV), interfacciato tramite sistema RMT alla sala operativa compartimentale.

3.2 Impianto di illuminazione

La necessità dell'impianto di illuminazione stradale in corrispondenza degli svincoli è indicata dal D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale, al punto 6, prescrive che: l'illuminazione delle intersezioni stradali deve essere sempre prevista nei seguenti casi:

- *Nodi di Tipo 1*: intersezioni a livelli sfalsati con eventuali manovre di scambio (svincolo)
- *Nodi di Tipo 2*: Intersezioni a livelli sfalsati con manovre di scambio o incroci a raso

La tipologia dei nodi è definita nella figura dell'allegato qui di seguito riportata:

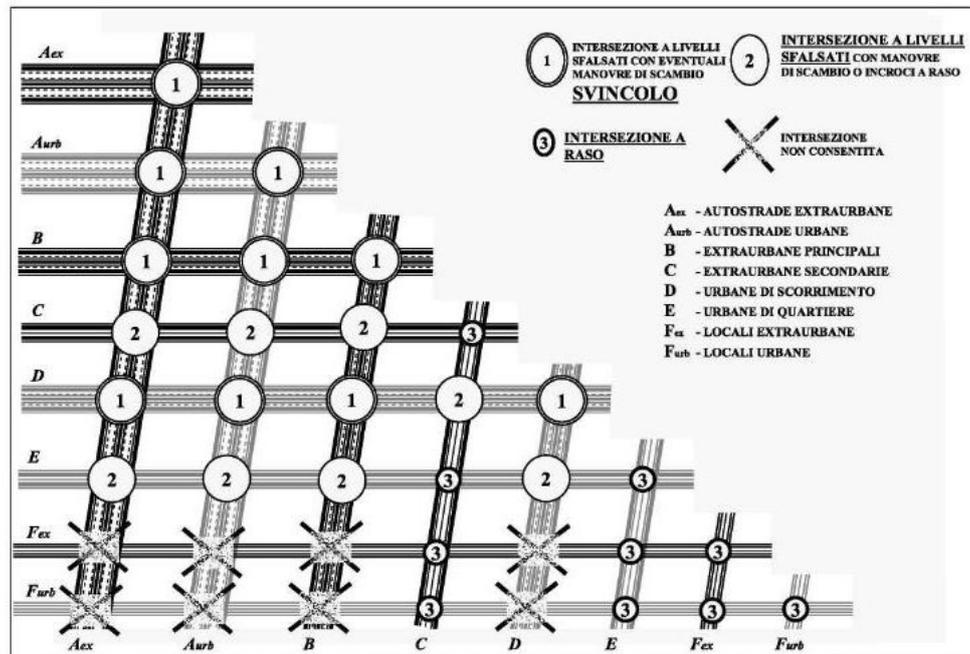


Figura 3 - Organizzazione delle reti stradali e definizioni delle intersezioni ammesse (come livelli minimi).

La modalità di illuminare gli svincoli stradali deriva dall'applicazione della norma tecnica UNI 11248:2016 "illuminazione stradale: Selezione delle categorie illuminotecniche", preposta alla definizione delle caratteristiche prestazionali degli impianti di illuminazione stradale, insieme al resto del quadro normativo (UNI EN 13201-2-3-4-5).

La norma, che si basa sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115:2010 e sui principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1 fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione di una data zona della strada in relazione alla categoria illuminotecnica individuata dalla norma stessa.

Lo scopo è quello di contribuire, per quanto di competenza dell'impianto di illuminazione, alla sicurezza degli utenti della strada, alla sicurezza pubblica e al buon smaltimento del traffico.

Con questi riferimenti, vengono forniti gli elementi per selezionare le zone di studio, individuare le categorie illuminotecniche e le caratteristiche per definire le procedure di calcolo e di verifica, nonché, in particolare, per fornire i criteri decisionali sull'opportunità di illuminare una strada.

L'applicazione della norma prevede una procedura di analisi dei rischi, con la quale individuare la configurazione di impianto che garantisca la massima efficacia di contributo alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne e soprattutto permetta il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale.

Ciò premesso, l'intervento in oggetto prevede Nodi di Tipo 2 e quindi l'obbligo normativo dell'impianto di illuminazione delle aree di svincolo. L'esigenza di illuminare anche le rotatorie nasce dalla necessità di dare una continuità visiva tra le varie zone e dalla complessità visiva dovuta alla presenza di più bracci in ingresso/uscita dalle stesse.

I nodi da illuminare sono in totale due, uno interamente in progetto ed un altro esistente denominato "Flumini", anche se quest'ultimo risulta solo minimamente coinvolto dalle opere di cui al presente progetto.

Sono previste distinte forniture in bassa tensione, posizionate in posizione baricentrica rispetto al carico elettrico ed in prossimità dei rispettivi quadri elettrici di controllo e comando svincoli.

E' prevista la realizzazione di un sistema di telecontrollo ad onde convogliate per la corretta gestione del flusso luminoso emesso dalle armature stradale. Lo stesso sistema sovrintenderà al corretto funzionamento dei diversi componenti funzionali al sistema impiantistico.

3.3 Impianto a messaggio variabile - PMV

Nei tratti di svincolo interessati da elevati volumi di traffico sono previsti degli specifici pannelli a messaggio variabile (PMV) con l'obiettivo di fornire agli utenti le informazioni sulla viabilità dell'asse principale e di controllare, tramite sistema TVCC, la viabilità in ingresso.

Il PMV previsto è costituito da:

- a) Modulo alfanumerico con 4 righe da 15 caratteri, altezza caratteri 210 mm;
- b) Modulo grafico full color a pittogrammi, per la rappresentazione dei segnali del codice della strada, lato 900x900 mm;
- c) Portale a bandiera per il sostegno dei PMV;
- d) Telecamera di tipo "dome" posizionata sulla parte alta del PMV
- e) Unità di controllo locale, installata alla base del portale.

Per tutta la tratta interessata è prevista la posa di un dorsale di comunicazione interrata in fibra ottica; le tubazioni previste sono del tipo a "tritubo" con diametro pari a 50mm nonché una coppia di cavidotti per energia con diametro 110 mm.

4 PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

4.1 Dati di progetto

4.1.1 Caratteristiche dell'alimentazione

L'energia viene fornita, attraverso diverse forniture in bassa tensione, ai nuovi quadri elettrici, ubicati nelle aree di svincolo come da elaborati grafici di progetto.

La fornitura ha le seguenti caratteristiche:

- Frequenza: 50 Hz
- Tensione nominale: 230/400 V
- L'impianto è del tipo TT

I quadri elettrici con le rispettive forniture sono riportati di seguito:

NOME QUADRO	POTENZA NOMINALE MASSIMA
Q.SV01A	<i>10 KW</i>
Q.SV01B	<i>10 KW</i>
Q.SV02A	<i>10 kW</i>
Q.SV02B	<i>10 kW</i>

La denominazione “SV02” si riferisce allo svincolo Flumini già esistente.

In totale sono stati previsti n. 4 quadri elettrici della medesima tipologia.

Per i due svincoli è stato scelto di installare due quadri anziché uno solo a causa della disposizione geometrica dei punti luce e delle distanze relative.

4.1.2 Condizioni ambientali

Le opere sono realizzate in esterno.

4.2 Impianto elettrico – scelte progettuali

4.2.1 Suddivisione dell'impianto

Il numero ed il tipo dei circuiti necessari devono essere determinati sulla base dei seguenti punti:

- punti di consumo dell'energia richiesta;
- carico prevedibile nei diversi circuiti;
- natura dei carichi da alimentare;
- evitare pericoli e ridurre inconvenienti in caso di guasto;
- facilitare le ispezioni, le prove e la manutenzione in condizioni di sicurezza;
- selettività di intervento delle protezioni.
- sezionamento di parti di impianto in modo tale da garantire, per brevi periodi, l'illuminazione anche ad un livello degradato (ad esempio in casi particolari si illuminano solo alcune zone)

4.3 Criteri di calcolo delle correnti di corto circuito

I conduttori elettrici di un circuito devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione, quando in un punto qualunque del circuito elettrico si produce un corto circuito.

4.3.1 Corrente di corto circuito trifase simmetrica

$$I''_K = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_T + R_{L1} + R_{L2})^2 + (X_T + X_{L1} + X_{L2})^2}} + I_M + I_G$$

dove:

- I''_K = corrente di corto circuito trifase simmetrica (A)
- U = tensione concatenata (V)
- R_T = resistenza equivalente del trasformatore (Ω)
- R_{L1} = resistenza della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- R_{L2} = resistenza della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- X_T = reattanza equivalente del trasformatore (Ω)
- X_{L1} = reattanza della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT (Ω)
- X_{L2} = reattanza della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro (Ω)
- I_M = contributo degli eventuali motori equivalenti alla corrente di corto circuito (A)
- I_G = contributo dell'eventuale generatore equivalente alla corrente di corto circuito (A)

4.3.2 Corrente di corto circuito monofase

$$I''_K = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_T + R_{F1} + R_{N1} + R_{F2} + R_{N2})^2 + (X_T + X_{F1} + X_{N1} + X_{F2} + X_{N2})^2}}$$

dove:

- I''_K = corrente di corto circuito monofase (A)
- U = tensione concatenata (V)
- R_T = resistenza equivalente del trasformatore (Ω)
- R_{F1} = resistenza di fase della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- R_{N1} = resistenza di neutro della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- R_{F2} = resistenza di fase della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- R_{N2} = resistenza di neutro della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- X_T = reattanza equivalente del trasformatore (Ω)
- X_{F1} = reattanza di fase della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT (Ω)
- X_{N1} = reattanza di neutro della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT (Ω)
- X_{F2} = reattanza di fase della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro (Ω)
- X_{N2} = reattanza di neutro della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro (Ω)

4.4 Criteri di dimensionamento dei conduttori BT

4.4.1 Portata del conduttore

$$I_Z = I_0 \times K_1 \times K_2$$

dove:

- I_Z = portata nominale nelle reali condizioni di posa (A)
- I_0 = portata ordinaria in aria a 30°C (valori indicati nelle tabelle I e II delle norme CEI 35024) (A)
- K_1 = fattore per temperature diverse da 30°C (tabella III delle norme CEI 35024)
- K_2 = fattore di posa (tabelle IV, V e VI delle norme CEI 35024)

Nel calcolo della portata si presuppone che:

- solo i cavi attivi producono riscaldamento e le linee si considerano equilibrate;
- con carichi squilibrati si debba studiare la fase più caricata e verificare la tenuta del neutro, soprattutto in presenza di armoniche;
- la temperatura ambiente sia di 30°C.

4.4.2 Scelta della sezione del conduttore

Le tabelle della norma CEI 35024 quindi permettono di calcolare, in determinate posa e ambientali:

- la corrente massima I_z che il cavo può sopportare ininterrottamente, data la sua sezione S ;
- la sezione minima del cavo, data la corrente massima ammissibile I_z .

4.4.3 Caduta di tensione

La caduta di tensione fra l'origine di un impianto e qualunque apparecchio utilizzatore sarà contenuta entro il 4% riferita al valore della U_n dell'impianto. Cadute di tensione più elevate saranno ammesse solo per motori alla messa in servizio o per altri componenti elettrici che richiedono assorbimenti più elevati, purché le variazioni di tensione restino entro i limiti indicati nelle relative Norme CEI.

$$\Delta U = k \times (R' \cos \varphi + X' \sin \varphi) \times I_b$$

dove:

- ΔU = caduta di tensione (V/km o mV/m)
- I_b = corrente assorbita dal carico (A)
- K = coefficiente (1,73 per linee trifasi e 2 per linee monofasi)
- R' = resistenza per fase alla temperatura di regime (Ω/km o $\text{m}\Omega/\text{m}$)
- X' = reattanza di fase a 50 Hz (Ω/km o $\text{m}\Omega/\text{m}$)
- $\cos \varphi$ = fattore di potenza del carico
- L = lunghezza della linea (km o m)

da cui in percentuale:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \times 100$$

4.4.4 Verifica della protezione contro i sovraccarichi

Secondo la Norma CEI 64-8 le sezioni minime dei conduttori devono essere tali da resistere alle sollecitazioni meccaniche e, in caso di guasto, non devono raggiungere temperature pericolose sia per l'ambiente circostante, sia per la buona conservazione dei conduttori stessi e delle relative giunzioni.

Per la protezione dei conduttori contro le sovracorrenti si dovranno coordinare gli stessi con i dispositivi di protezione in modo da soddisfare le seguenti relazioni:

$$I_f \leq 1.45 I_z$$

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

dove:

- I_z = portata massima del conduttore secondo le condizioni di posa (A)
- I_f = corrente convenzionale di funzionamento dell'interruttore (A)
- I_n = corrente nominale o di taratura dell'interruttore (A)
- I_b = corrente di impiego dell'utilizzatore (A)

Dalle condizioni di coordinamento sopra citate, ne consegue che il conduttore non risulta protetto se il sovraccarico è compreso tra I_z e I_f in quanto esso può permanere a lungo senza provocare l'intervento della protezione. Ciò può essere evitato fissando il valore di I_b in modo che I_z non venga superato frequentemente.

$$I^2t = K^2 \times S^2$$

dove:

- I^2t = integrale di Joule o energia specifica lasciata passare, dal dispositivo di protezione, per la durata del corto circuito (A²s);
- K = fattore dipendente dal tipo di conduttore (Cu o Al) e isolamento che, per una durata di corto circuito non superiore a 5 s, è pari a:
 - o 115 per conduttori in Cu isolati con PVC
 - o 135 per conduttori in Cu isolati con gomma ordinaria o gomma butilica
 - o 143 per conduttori in Cu isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato
 - o 74 per conduttori in Al isolati con PVC
 - o 87 per conduttori in Al isolati con gomma ordinaria, gomma butilica, gomma etilenpropilenica o propilene reticolato
 - o 115 corrispondente ad una temperatura di 160°C per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori in Cu
- S = sezione del conduttore (mmq)

4.5 Criteri di scelta e dimensionamento delle protezioni

4.5.1 Protezione contro le sovracorrenti

I conduttori attivi di un circuito elettrico devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione quando si produce sovracorrente (sovraccarico o corto circuito). La protezione contro i sovraccarichi e i corto circuiti può essere assicurata sia in modo separato, con dispositivi distinti, sia in modo unico con dispositivi che assicurano entrambe le protezioni. In ogni caso essi devono essere tra loro coordinati.

Per assicurare la protezione il dispositivo deve:

- interrompere sia la corrente di sovraccarico sia quella di corto circuito, interrompendo, nel secondo caso, tutte le correnti di corto circuito che si presentano in un punto qualsiasi del circuito, prima che esse provochino nel conduttore un riscaldamento tale da danneggiare l'isolamento;
- essere installato in generale all'origine di ogni circuito e di tutte le derivazioni aventi portate differenti (diverse sezioni dei conduttori, diverse condizioni di posa e ambientali, nonché un diverso tipo di isolamento del conduttore).

4.5.1.1 Condizioni di sovraccarico

Gli interruttori per la protezione contro i sovraccarichi sono dimensionati in modo da soddisfare le seguenti relazioni:

$$I_f \leq 1.45I_z$$

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

dove:

- I_z = portata massima del conduttore secondo le condizioni di posa (A)
- I_f = corrente convenzionale di funzionamento dell'interruttore (A)
- I_n = corrente nominale o di taratura dell'interruttore (A)
- I_b = corrente di impiego dell'utilizzatore (A)

Dalle condizioni di coordinamento sopra citate, ne consegue che il conduttore non risulta protetto se il sovraccarico è compreso tra I_z e I_f in quanto esso può permanere a lungo senza provocare l'intervento della protezione. Ciò può essere evitato fissando il valore di I_b in modo che I_z non venga superato frequentemente.

4.5.1.2 Condizioni di corto circuito

Per quanto concerne le condizioni di corto circuito, il dispositivo di protezione:

- può essere installato lungo la condotta ad una distanza dall'origine non superiore a 3 m, purché questo tratto sia rinforzato in modo da ridurre al minimo il rischio di corto circuito;
- non deve essere posto vicino a materiale combustibile o in luoghi con pericolo di esplosione;
- deve avere un potere di interruzione non inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto in cui è installato. È ammesso tuttavia l'impiego di un dispositivo di protezione con un potere di interruzione inferiore se a monte è installato un altro dispositivo che abbia il necessario potere di interruzione (protezione di sostegno o back-up). In questo caso l'energia specifica (I^2t) lasciata passare dal dispositivo a monte non deve superare quella (I^2t) che può essere ammessa senza danni dal dispositivo o dalle condutture situate a valle; La corrente presunta di cortocircuito ai morsetti del Gruppo di Misura in BT è stabilita convenzionalmente dalla Norma CEI 0-21 pari a 10 kA (per le forniture trifase fino a 33 kW) e 15 kA per le forniture in BT di potenza maggiore; essendo previste forniture con una potenza inferiore a 33 kW, è stata scelta una corrente di cortocircuito pari a 10 kA trifase e 6 kA monofase
- deve intervenire in un tempo inferiore a quello che farebbe superare al conduttore la massima temperatura ammessa. Deve cioè essere verificata, qualunque sia il punto della condotta interessata al corto circuito, la condizione:

$$I^2t = K^2 \times S^2$$

Per corto circuiti di durata non superiore a 5 s, il tempo necessario affinché una data corrente di corto circuito porti in condizioni di servizio ordinario un conduttore alla temperatura limite, può essere calcolato in prima approssimazione con la formula (derivata dalla precedente):

$$\sqrt{t} = \frac{K \times S}{I}$$

dove:

- I_2t = integrale di Joule o energia specifica lasciata passare, dal dispositivo di protezione, per la durata del corto circuito (A²s);
- K = fattore dipendente dal tipo di conduttore (Cu o Al) e isolamento che, per una durata di corto circuito non superiore a 5 s, è pari a:
 - o 115 per conduttori in Cu isolati con PVC
 - o 135 per conduttori in Cu isolati con gomma ordinaria o gomma butilica
 - o 143 per conduttori in Cu isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato
 - o 74 per conduttori in Al isolati con PVC
 - o 87 per conduttori in Al isolati con gomma ordinaria, gomma butilica, gomma etilenpropilenica o propilene reticolato
 - o 115 corrispondente ad una temperatura di 160°C per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori in Cu
- S = sezione del conduttore (mm²)
- t = tempo di intervento del dispositivo di protezione assunto < 5 s

4.5.2 Dimensionamento degli interruttori automatici

4.5.2.1 Dispositivo Generale di impianto

Corrente nominale

$$I_n \leq I_z$$

$$I_n \geq I_{bi}$$

dove:

- I_n = corrente nominale dell'interruttore (A);
- I_z = corrente nominale del cavo delle reali condizioni di posa (A);
- I_{bi} = corrente nominale dell'intero impianto (A).

Potere di interruzione

$$P_i \geq I_{ccmax}$$

dove:

- P_i = potere di interruzione (A);
- I_{ccmax} = corrente di corto circuito massima (A) fissata a 10 kA.

4.5.2.2 Interruttori magnetotermici

Corrente nominale

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_n = I_b \times (a \times T_a \times b)$$

dove:

- I_n = corrente nominale dell'interruttore (A)
- I_z = corrente nominale del cavo delle reali condizioni di posa (A);
- I_b = corrente nominale assorbita dal carico (A);
- T_a = temperatura dell'ambiente di posa dell'interruttore (°C);
- a,b = coefficienti numeri per riportare la corrente di funzionamento dell'interruttore alla temperatura di riferimento.

Potere di interruzione

$$P_i > I_{ccmax}$$

dove:

- P_i = potere di interruzione (A);
- I_{ccmax} = corrente di corto circuito massima presunta nel punto di installazione (A), fissata a 10 kA per gli interruttori tripolari/quadrupolari e 6 kA per gli interruttori bipolari (F-N).

4.5.3 Protezione contro i contatti diretti

Le misure che si adotteranno per proteggere le persone contro i pericoli derivanti da contatti con parti attive saranno del tipo definito dalle Norme CEI "a protezione totale"; in particolare:

- tutte le parti attive saranno adeguatamente isolate;
- l'isolamento potrà essere rimosso solo mediante distruzione;
- l'isolamento dei quadri elettrici soddisferà le relative Norme.

In ogni caso tutti i componenti elettrici e le apparecchiature elettriche dovranno avere un grado di protezione non inferiore a IP44.

Come misura addizionale, per la protezione delle linee in partenza dai quadri si impiegheranno interruttori dotati di relè differenziale con I_n pari a 0,3 A, tipo "A" e selettivo.

4.5.4 Protezione contro i contatti indiretti

Il progetto prevede come protezione dai contatti indiretti l'utilizzo di componenti in classe II così come previsto dalla norma CEI 64-7 articolo 3.3.7.1 comma (a) e dalla Norma CEI 64-8 714.413.2: "Protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente".

In particolare i seguenti componenti che costituiscono gli impianti in oggetto saranno dotati di doppio isolamento o isolamento rinforzato.

- corpi illuminanti;

- apparecchi per la dimmerazione;
- morsettiera di attestazione su palo;
- quadro elettrico di alimentazione e relativi accessori;
- cavi (le dorsali di alimentazione dovranno avere guaina non metallica e tensione nominale maggiore di un gradino rispetto alla tensione necessaria al sistema elettrico servito).

Non sarà quindi presente alcun impianto di terra.

4.6 Distribuzione elettrica svincoli

Il progetto prevede la realizzazione di impianti elettrici distinti a servizio dell'illuminazione degli svincoli.

Le caratteristiche elettriche degli impianti d'illuminazione sono essenzialmente:

- Tensioni nominali di alimentazione: 400 V concatenate e 230 V stellate
- Frequenza nominale di tali tensioni: 50 Hz.
- Distribuzione delle alimentazioni: trifase con neutro
- Tipo di distribuzione: in derivazione
- Caduta di tensione massima: 5%
- Fattore di potenza: 0,95

Per quanto riguarda la distribuzione elettrica, il progetto prevede la realizzazione di cavidotti interrati costituiti da tubazione in pvc pesante, diametro 110 mm, doppia parete del tipo corrugato, da posizionarsi su scavi a sezione obbligata realizzati con mezzi meccanici.

Al fine di permettere un corretto infilaggio dei cavi elettrici, le tubazioni saranno intercettate da pozzetti in cls prefabbricati con chiusini carrabili.

5 SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE – IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

5.1 Generalità

Questo capitolo, a completamento degli elaborati grafici riportati, descrive:

- le soluzioni tecniche adottate
- la tipologia dei materiali utilizzati
- le lavorazioni da eseguire
- le norme esecutive per la realizzazione e/o la messa in opera dei materiali

5.2 Criteri progettuali svincoli

I criteri sottoesposti sono applicati sia allo svincolo in progetto che allo svincolo esistente "Flumini".

L'impianto di illuminazione di ogni svincolo è dimensionato in modo da garantire un illuminamento medio secondo quanto previsto dalla norma UNI 11248:2016 e UNI EN 132101-2 in funzione della tipologia delle strade.

La disposizione dei corpi illuminanti è stata scelta in funzione delle caratteristiche geometriche delle strade in modo da mantenere un buon confort visivo, ridurre i fenomeni di abbagliamento e realizzare una elevata uniformità dell'illuminamento del manto stradale che possa permettere l'immediata percezione di incroci e svincoli, prestando particolare attenzione all'aspetto energetico ambientale.

In ogni svincolo sono state illuminate le corsie di ingresso, uscita, le rampe e le intersezioni con le complanari, ove presenti. Inoltre il progetto prevede la realizzazione di intersezioni a raso lineari o a rotatoria che collegano la nuova viabilità con la viabilità locale esistente; in questi casi è stata prevista l'illuminazione secondo quanto previsto in appendice C della norma UNI 11248. Nello specifico tutti i rami di accesso alle rotatorie non sono illuminati pertanto si è scelto di mantenere le stesse categorie di progetto/esercizio (ossia C4 e C5) della strada oggetto della presente. Inoltre, per evitare l'effetto buio all'uscita della rotatoria, ogni ramo di uscita è dotato di un'armatura di flusso minimo per dare un illuminamento decrescente graduale verso la strada non illuminata.

Ai fini dello studio illuminotecnico, sono state classificate le strade in riferimento alle prescrizioni della norma UNI 11248:2016, che associa una categoria illuminotecnica in funzione del tipo di strada e di alcuni parametri di influenza quali ad esempio i limiti di velocità, la presenza di zone di conflitto, la complessità del campo visivo, ecc....

Nello specifico trattasi di strada di tipo B, da cui ne deriva secondo il prospetto 1, una categoria di ingresso M2. La categoria di ingresso non può essere utilizzata tale e quale ma va ridotta secondo i parametri di influenza di cui al prospetto 2. Dalla seguente analisi dei rischi si ottengono le riduzioni:

Complessità del campo visivo normale:	0,5;
Assenza o bassa densità di zone di conflitto:	0;
segnaletica cospicua nelle zone conflittuali:	0,5;
segnaletica stradale attiva:	0,5;
Assenza di pericolo aggressione:	1;

per un totale (arrotondato per difetto) di due unità. Pertanto la categoria di ingresso M2 scende sino alla categoria di progetto M4. Infine otteniamo la categoria di esercizio, che si ricava da quella di progetto riducendola al più di una sola categoria, in base alla riduzione del flusso orario di traffico inferiore al 50% rispetto alla portata di servizio (prospetto 3, e prospetto 4), ottenendo la categoria M5 nelle ore di minor traffico. L'esercente della strada tramite il sistema di

comunicazione ad onde convogliate regolerà gli apparecchi secondo le due categorie di esercizio sopra individuate (M4 e M5) e secondo le proprie metodologie di rilevamento del traffico orario.

Essendo le nostre zone studio prevalentemente intersezioni stradali verranno adottati gli accorgimenti dell'appendice A della UNI 11248. Pertanto quando non sono possibili i calcoli delle luminanze (secondo le catt. M4 ed M5), le categorie illuminotecniche di esercizio utilizzate saranno rispettivamente C4 e C5 (prospetto 6 con $0,05 \text{ sr}^{-1} \leq Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$).

L'incremento di soglia (TI) ove possibile viene calcolato secondo la Uni EN 13201-3, altrimenti vengono utilizzati i requisiti relativi alla classificazione dell'intensità luminosa (categoria almeno G3).

I calcoli in allegato sono tipologici, ossia vengono calcolate le interdistanze degli apparecchi in base ad alcune più ricorrenti conformazioni della strada riscontrate (rettilineo, curva, interno/esterno curva e raggio di curvatura, larghezza corsia e larghezza banchina). Lo scopo è quello di minimizzare la potenza installata ed il numero di armature pur conseguendo gli obiettivi di sicurezza, di uniformità di illuminamento anche nelle curve e risparmio energetico. Tale approccio comporta chiaramente un aumento del numero di ottiche e di potenze adottate a beneficio della sicurezza e dell'ambiente.

In base alle categorie sopra individuate la norma UNI 13201-2 prescrive i seguenti requisiti prestazionali:

- Categoria M4:

Luminanza media $L_m \geq 0,75 \text{ cd/m}^2$

Uniformità generale $U_0 \geq 0,4$

Uniformità longitudinale $U_l \geq 0,6$

Incremento di soglia $TI \leq 15\%$

Categoria M5:

Luminanza media $L_m \geq 0,50 \text{ cd/m}^2$

Uniformità generale $U_0 \geq 0,35$

Uniformità longitudinale $U_l \geq 0,4$

Incremento di soglia $TI \leq 20\%$

- Categoria C4:

Illuminamento orizzontale medio $E_m \geq 10 \text{ lux}$

Uniformità media $U_0 \geq 0,4$

Incremento di soglia $TI \leq 20\%$.

Categoria C5:

Illuminamento orizzontale medio $E_m \geq 7,5 \text{ lux}$

Uniformità media $U_0 \geq 0,4$

Incremento di soglia $TI \leq 20\%$.

Seguono in allegato i calcoli tipologici.

I valori di cui sopra si intendono valori minimi mantenuti. D'altro canto la UNI 11248 non consente sovradimensionamenti oltre il 35% e 25% rispettivamente per le categorie M e tutte le altre.

Si precisa che nei calcoli con requisiti di cui alla categoria M4, vengono scelte sempre quelle interdistanze degli apparecchi tali che siano soddisfatti anche i requisiti della cat C4. Inoltre, nei tratti rettilinei dove sono applicabili le cat. M, si sono sempre cercate soluzioni tali che il rapporto interdistanza con l'altezza del sostegno sia sempre maggiore o uguale a 3,7 (ossia $3,7 \times 8m = 29,6m$), tenuto conto del massimo sovradimensionamento di cui sopra.

5.3 Descrizione generale degli impianti d'illuminazione,

Tutti gli impianti di illuminazione sono realizzati con corpi illuminanti che dovranno risultare installati ad un'altezza di 8m in riferimento al livello carreggiata, montati su pali in acciaio zincato a caldo che devono idonei a tale altezza, inoltre i pali saranno con sbracci unilaterali di 2,5m per quelli sulla sede stradale e di 2m per quelli sui viadotti.

Saranno installate armature con ottica di tipo cut-off per evitare la dispersione del flusso luminoso verso l'alto e contenere il fenomeno dell'inquinamento luminoso. Inoltre verranno utilizzate diversi tipi di ottica e potenze per ottimizzare l'efficienza d'impianto.

Le lampade utilizzate sono del tipo Led da 26,5W a 59W, caratterizzate da bassi consumi ed elevata efficienza luminosa.

I pali sono sostenuti mediante basamenti in calcestruzzo, prefabbricati di dimensioni 1.000x1.000x1.200 mm.

I pali sono posizionati lungo la carreggiata ad una distanza di circa 2,5m dal margine della banchina (1,7 sui viadotti), gli interassi variano in funzione della categoria illuminotecnica di progetto e della geometria della strada, e sono riportati nei calcoli illuminotecnici.

La distanza minima dei sostegni dai limiti della careggiata è dettata, oltre che da prescrizioni delle norme impianti (CEI 64-8), soprattutto dalla larghezza operativa delle protezioni. Per quelle di tipo H2 (W5) utilizzate nel presente progetto, si ritiene sufficiente una distanza di 170cm. In ogni caso data la presenza di opere d'arte secondarie che occupano sino a 2m e anche oltre dalla carreggiata, la distanza dei sostegni rispetto alla carreggiata è di fatto circa 2,5m. Per tale motivo si è reso necessario l'utilizzo di uno sbraccio di 2,5m.

Per i punti luce sui viadotti è stato previsto un apposito cordolo per poter distanziare di 1,7m il sostegno dalla barriera tipo H2; per tale motivo risulta necessario anche sui viadotti uno sbraccio, ma da 2m. La posizione e la tipologia dei corpi illuminanti è riportata negli elaborati specifici.

5.3.1 Caratteristiche dei sostegni

Caratteristiche costruttive generali

I sostegni devono essere ottenuti, mediante procedimento di laminazione a caldo, da tubi in acciaio saldati E.R.W. UNI 7091/72. Il processo di laminazione a caldo dei pali deve essere del tipo automatico a controllo elettronico ad una temperatura di circa 700° c. La saldatura longitudinale dei tubi deve essere almeno della II classe (DM14/02/92) a completa penetrazione, la stessa deve soddisfare le prove di qualifica mediante la certificazione della Casa Produttrice del tubo, che ne attesti la conformità alle Norme UNI 7091/72.

Caratteristiche meccaniche del materiale

I sostegni devono essere realizzati impiegando esclusivamente tubo in acciaio calmato del tipo S 235 UNI EN 10025 con le seguenti caratteristiche minime:

- Carico unitario di resistenza a trazione: $\geq 360-490 \text{ N/mm}^2$.
- Carico unitario di snervamento: $\geq 235 \text{ N/mm}^2$.
- Allungamento dopo rottura: $\geq 20 \%$

Tolleranze di fabbricazione

Il processo di laminazione a caldo con macchina automatica a controllo elettronico deve consentire le seguenti tolleranze massime:

- Sul diametro esterno: $\pm 1 \%$
- Sullo spessore: $\pm 10 \%$.
- Sulla lunghezza totale: $\pm 0,5 \%$.
- Sulla rettilineità: $\pm 0,3 \%$ della lunghezza.

Protezione

I sostegni dovranno essere protetti esclusivamente mediante zincatura a caldo internamente ed esternamente per immersione in bagno di zinco fuso in accordo con la Norme UNI EN 40/4 e UNI EN ISO 1461.

Palo tubolare conico in acciaio zincato a caldo con le seguenti caratteristiche sotto indicate:

- diametro esterno alla base 148 mm.;
- diametro esterno in sommità 60 mm.
- spessore 4 mm.;

Con le lavorazioni in appresso descritte:

- asola ingresso cavi 45 x 186 mm.;
- asola per morsettiera 45 x 186 mm.;
- piastrina esterna di messa a terra, con foro atto a contenere un bullone in acciaio inox avente diam. 12 mm.

5.3.2 Basamenti:

L'ancoraggio dei pali è realizzato attraverso la posa in opera di idonei basamenti di fondazione. I basamenti di fondazione hanno dimensioni tipiche di 100x100x120 cm e sono realizzati in cls prefabbricati.

Tutti i basamenti sono posti al di fuori della sede stradale.

I punti luce sui viadotti sono ancorati all'impalcato attraverso un cordolo distanziatore ed un sistema di sostegno in acciaio (vedi particolari grafici).

La parte superiore dei basamenti di fondazione, su terreno naturale, è a giorno, ben levigata e squadrata, salvo diverse disposizioni impartite dalla direzione lavori; per le zone in rilevato, la profilatura della scarpata deve essere concordata con la direzione lavori.

Il plinto, prefabbricato in cls vibrato, con resistenza caratteristica non minore di $R_{ck} 40 \text{ N/mm}^2$ adatto per pali di illuminazione con e senza sbraccio deve essere tale da garantire la facilità di posa dei servizi grazie ai fori predisposti.

Il plinto deve essere realizzato da azienda in possesso di certificazione di Sistema Qualità Aziendale UNI EN ISO 9001. I plinti dovranno essere utilizzati per un rapido e preciso posizionamento dei pali stradali nelle varie dimensioni per garantire la portata dei pali nelle varie altezze.

Devono essere dimensionati in funzione dell'altezza del palo (8 m fuori terra e 0,8 m interrato) e della zona sismica (DM 20/02/2018 (e s.m. e i.) e circolare esplicativa correlata e devono essere certificati secondo le norme UNI NTC del 2008 o verificati secondo la norma CEI 11-4.

Nel plinto dovranno essere ricavati:

- un pozzetto ispezionabile dim interne 50x50 con fori laterali per l'innesto dei cavidotti;
- un foro disperdente alla base;
- fori passacavi;
- foro alloggiamento del palo;

Inoltre dovrà essere utilizzabile con chiusini sia in ghisa che cls,

5.3.3 Posa dei pali:

Le quote di infilaggio del palo all'interno del basamento, dei fori porta morsettiere e quant'altro indicato nelle schede tecniche del costruttore devono essere tassativamente rispettate.

Sulla sezione trasversale i pali di illuminazione sono posti ad una distanza di circa 2,5 m dal bordo della carreggiata in modo da ridurre i rischi di abbattimento in caso di svio dei veicoli. Tale distanza elimina anche eventuali interferenze con i guardrail posti a protezione del margine stradale e permette l'accesso al pozzetto di derivazione elettrica posto alla base del palo; l'esatta distanza dalla barriera di protezione deve essere determinata in funzione del livello di larghezza operativa (W) espressa in metri (non inferiore a 1,7m).

Sui viadotti i pali sono posti ad una distanza di 1,7 m da limite interno delle barriere (vedi particolare grafico).

Sulla sede stradale i pali sono dotati di sbraccio da 2,5m, mentre sui viadotti gli sbracci sono da 2m.

5.4 Apparecchi illuminanti

5.4.1 Tipologia apparecchi

La scelta di utilizzare apparecchi a LED è in linea con l'attuale stato dell'arte che prevede sorgenti luminose ad elevata efficienza nell'ottica di contenere il consumo energetico.

Nella progettazione illuminotecnica si dovrà evitare per quanto possibile di illuminare aree non destinate alla circolazione stradale.

5.5 Caratteristiche corpi illuminanti

Armatura stradale tipo FIVEP KAI SMALL/SMALL X – 350/525mA (vetro piano temprato), a LED 26,5/39/59W, 4000K, da 3830lm a 8025lm, resa cromatica maggiore di 70, completa di un driver elettronico montato su piastra asportabile e adatto alla potenza assorbita dal sistema led.

Caratteristiche elettriche

- 230 V- 50 Hz, $\cos(\phi) > 0.90$;
- Classe isolamento: II;
- Vano ausiliari è dotato di piastra porta driver e/o sistemi di telecomando aggiuntivi;
- La morsettiera di alimentazione utilizza un sezionatore automatico che interviene all'apertura del vano dei componenti;
- Il vano ausiliari è separato da quello ottico al fine di ridurre la temperatura;
- Dotato di driver stand alone per la regolazione del flusso luminoso, vedi scheda tecnica allegata.

Caratteristiche meccaniche

- Chiusura frontale del vano ottico tramite protettore in vetro piano temperato fissato al telaio tramite sistema a vite e guarnizione al silicone, atto a garantire un grado di protezione IP 66 (EN 60598) e permettere l'accessibilità al vano ottico.;
- Corpo realizzato in pressofusione di alluminio completo di corpo, coperchio di accessibilità al vano ausiliari e sistema di fissaggio regolabile per montaggio su palo e sbracci con trattamento superficiale contro la corrosione e successiva termo laccatura nella colorazione Grigio RAL9006.

5.5.1 Montaggio

Tutti i corpi illuminanti sono montati con asse fotometrico principale perpendicolare al piano stradale ($\text{tilt} = 0^\circ$) e asse secondario ortogonale alla tangente della strada nel punto di installazione.

5.6 Cavidotti

5.6.1 Tipo di posa

In considerazione di criteri di sicurezza, requisiti estetici, requisiti funzionali, la distribuzione è realizzata completamente in cavidotto interrato dedicato ed in conformità con le norme CEI 11-17, tranne che per la alimentazione dei punti luce sui viadotti che sarà costituita da un canale portacavi in acciaio AISI 304 100x75mm fissato su mensole ancorate all'impalcato. I cavidotti interrati, sono costituiti con i singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari a flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

Nei principali cambi di direzione sono previsti appositi pozzetti (per l'esatto posizionamento si faccia riferimento agli elaborati grafici allegati).

Le canalizzazioni interrate per il contenimento e la protezione delle linee sono realizzate esclusivamente con: cavidotto flessibile a doppia parete (liscio all'interno, corrugato all'esterno), serie pesante, in polietilene ad alta densità, conforme alla Norma C 68 - 171, corredato di guida tirafilo e manicotto di congiunzione per l'idoneo accoppiamento, avente diametro nominale 110 mm.

All'interno dei pozzetti, l'imbocco delle canalizzazioni è debitamente stuccato con malta cementizia.

La profondità di posa minima dei cavidotti dal piano di calpestio è di norma:

- pari a cm 60 in sede non stradale;
- maggiore di cm 100, estradosso tubo, in sede stradale.

5.6.2 Pozzetti

In corrispondenza dei centri luminosi, nei nodi di derivazione, giunzioni e nei cambi di direzione, sono installati pozzetti prefabbricati in calcestruzzo.

Non sono previsti pozzetti di derivazione costruiti sul posto e realizzati con dime.

I pozzetti sono dotati di chiusini con carrabilità B125. Il chiusino è completo di dicitura "Impianti elettrici" o analoga concordata con la DL.

Per il drenaggio delle acque di possibile infiltrazione, i pozzetti prefabbricati hanno il fondo completamente aperto; sono posati su letto di ghiaia costipata dello spessore minimo di cm 10.

Il controtelaio ed i lati dei pozzetti sono protetti e fissati attraverso uno strato di calcestruzzo dosato a q.li 2,5 di cemento per metro cubo e fissati saldamente.

I pozzetti hanno di norma le seguenti misure utili interne:

- pozzetto 50 x 50 x 50 cm,

A seconda della profondità di posa del cavidotto occorrerà installare una apposita prolunga del pozzetto, con le medesime dimensioni.

I pozzetti di derivazione, utilizzati come rompitratta o di derivazione linee dorsali, (quelli di derivazione dei singoli punti luce sono già presenti nel plinto prefabbricato), devono essere ben allineati e con la battuta del chiusino sul telaio perfettamente combaciante per non creare rumorosità indesiderate.

Il cavidotto non potrà mai entrare nel pozzetto dal fondo dello stesso, ma solo lateralmente e ben stuccato con malta cementizia.

5.7 Caratteristiche impianto elettrico

In ogni svincolo l'impianto di illuminazione trae origine da una fornitura in loco in bassa tensione.

Le caratteristiche della fornitura prevedono una tensione di linea di 400 V.

Il sistema è classificabile TT circa lo stato del neutro e del conduttore di protezione rispetto a terra.

Gli impianti dei vari svincoli presentano caratteristiche simili tra loro: le utenze costituite dai corpi illuminanti posti sulle rampe di svincolo e sulle corsie di accelerazione e decelerazione sono collegate ad un quadro elettrico posizionato a ridosso della viabilità principale, in posizione il più possibile baricentrica.

Tutte le altre utenze sono collegate a quadri elettrici posizionati in modo da essere facilmente raggiungibili dalla viabilità locale, per un'agevole manutenzione da parte dell'ente competente.

Ogni quadro permette la distribuzione dell'energia elettrica alle varie utenze per mezzo di interruttori automatici a protezione delle linee in uscita.

La derivazione dei cavi per ogni palo avviene nell'apposita morsettiera di connessione.

Il dimensionamento delle linee ha tenuto conto del coordinamento tra le correnti di impiego, quelle di intervento delle protezioni e le correnti massime consentite dai cavi nelle condizioni di posa previste.

La protezione dai contatti diretti è realizzata mediante l'impiego di conduttori a doppio isolamento (FG7OR, FG16OR16 o ARG16R16) e apparecchiature con grado di protezione non inferiore a IP 40.

La posa dei cavi di alimentazione avverrà all'interno di cavidotti interrati, costituiti da tubi protettivi a doppio strato in polietilene strutturato ad alta densità, corrugato esternamente e con parete interna liscia, resistenza allo schiacciamento di 450 N, completo di giunto a manicotto conforme alle norme CEI EN 50086-1-2-4. Diametro esterno mm 110; o in canali portacavi 100x75 (per i viadotti).

I cavi di alimentazione previsti sono di tipo ARG7OR 0,6/1 kV con conduttore in alluminio, isolati con mescola etilenpropilenica, guaina esterna a base di P.V.C. e riempitivi in materiale non igroscopico nelle formazioni multipolari, tensione nominale U_0/U 0,6/1 KV.

5.7.1 Sezioni e distribuzione delle linee di alimentazione

Per le linee di alimentazione delle armature stradali si è scelta una sezione minima di 2x2,5 mmq tipo FG7OR oppure FG16OR16.

5.7.2 Sfilabilità dei cavi

E' previsto che il diametro interno dei tubi protettivi sia pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che essi sono destinati a contenere, con un minimo di 10 mm.

5.7.3 Collegamento delle fasi ai punti luce

Per tutti gli impianti è prevista una distribuzione di norma trifase con cavi 4x1x16mmq in alluminio ARG16R16.

5.7.4 Giunzioni

Le giunzioni delle linee dorsali, quando necessarie, sono realizzate esclusivamente in pozzetto e sono costruite in maniera perfetta per il ripristino del doppio grado di isolamento dei conduttori. La giunzione è realizzata con morsetto a pressione tipo C crimpato con pinza oleodinamica provvista delle matrici adeguate alle sezioni del cavo, rivestita con nastro isolante in PVC con almeno due passate, successivamente con almeno 3-4 passate di nastro autoagglomerante e come finitura nuovamente con due passate di nastro in PVC. A completamento la giunzione è ricoperta con resina epossidica. A lavoro finito la giunzione deve risultare meccanicamente salda, non deve essere evidente la forma del morsetto utilizzato per la connessione, con i cavi ben distanziati tra di loro e mai affiancati.

In ogni caso le giunte devono essere rispondenti alle norme vigenti e risultare in classe di isolamento II.

5.7.5 Identificazione dei circuiti e delle fasi

Onde facilitare e consentire una facile lettura dell'impianto, contestualmente alla posa delle linee, è previsto che ogni conduttore venga opportunamente etichettato con l'indicazione del circuito e della fase di appartenenza per mezzo di fascette in nylon. L'indicazione è prevista all'interno dei pozzetti di giunzione, sulle derivazioni del palo e sul quadro elettrico in prossimità dell'interruttore corrispondente.

5.7.6 Derivazioni verso le armature stradali

La derivazione dalla linea dorsale verso le armature stradali è realizzata nella morsettiera posta all'interno della cassetta di derivazione montata sul palo.

Sono previste cassette di derivazione in vetroresina, con grado di protezione IP 44 secondo CEI EN 60529 e IK 10 secondo CEI EN 50102, idonee per la realizzazione di impianti in classe II, dotate di morsettiera quadripolare con tensione di isolamento 450 V - corrente 80 A max, portafusibile per fusibile a cartuccia mm 10x38. I fusibili da adottare avranno una corrente nominale da 1 A.

5.8 Impianto di terra

Gli impianti sono realizzati in classe II e pertanto non occorre prevedere la messa a terra sia degli apparecchi illuminanti che dei pali.

5.9 Quadri elettrici

5.9.1 Caratteristiche

I quadri elettrici sono costruiti da componenti conformi alla norma CEI 17-13/1 e alla norma Europea EN 60439-1.

5.9.2 Sistema onde convogliate

Il sistema ad onde convogliate è costituito principalmente da 3 componenti:

- l'**alimentatore** che va installato sul punto luce al posto del reattore tradizionale e che sostituisce tutti gli ausiliari (accenditore, reattore, condensatore) e ha già il telecomando integrato.



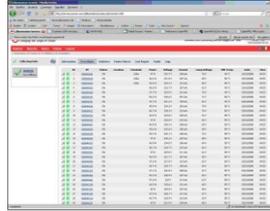
- Per telecomandare punti luce non regolabili (es. potenze elevate, lampade alogene o Sodio bassa pressione, la maggior parte degli attuali prodotti a LED) si installa il solo telecomando, contenuto nella **Control Box o CB**, installabile nel vano ausiliari, presso la morsettiera o l'asola del palo o in pozzetto. La CB è in grado di regolare il reattore a cui è collegata in modalità 0-10V.



- la **centralina o CU - Control Unit** che va installata all'interno del quadro o punto presa.



- il **software di gestione "CB Manager"** che può essere installato su un normale PC.



Al "CB Manager" è abbinato il Servizio Visualizzazione Dati via web, che permette al Cliente di accedere via internet da qualsiasi pc a tutte le informazioni di funzionamento e relative alle anomalie raccolte dal sistema.

La comunicazione tra alimentatori o CB e CU avviene tramite **onde convogliate a modulazione di frequenza**.

Il protocollo utilizzato configura ogni punto come ripetitore e permette di utilizzare il sistema anche in presenza di elevati disturbi, cavi poco isolati e impianti estesi. E' sufficiente che la distanza tra la CU e il primo punto luce e tra un punto luce e il successivo sia entro i 600m. Non sono necessari filtri.

La comunicazione tra la CU e il centro di gestione dove risiede il CB Manager può essere effettuata **via GSM/GPRS** grazie al modem integrato nella CU oppure via **Ethernet** o altri tipi di modem esterni.

Architettura semplice:

La centralina o CU - Control Unit - presso il quadro di alimentazione, e un alimentatore elettronico con telecontrollo integrato (HID*, o in alcuni casi il solo dispositivo di telecontrollo, CB - Control Box) presso il punto luce.

Unico elemento sul punto luce:

L'alimentatore con telecontrollo integrato - ingombro minimo, semplice da installare.

Il telecontrollo è applicabile ai corpi illuminanti a LED scelti e agisce con regolazione 0-10V.

Regolazione:

Si può impostare il valore di luminosità su qualsiasi livello compreso tra il 100% e il 20% (o lo spegnimento del punto luce).

Ogni livello di regolazione può essere impostato a qualsiasi orario

Ogni profilo può contenere fino a 5 diversi livelli di regolazione, ognuno variabile dal 100% al 20% di luminosità (o spegnimento)

Possibilità di programmazione di più profili di regolazione sia all'interno dello stesso impianto che durante l'arco dell'anno

Informazioni tecniche:

- elevato rendimento ($\geq 93\%$), ridotto autoconsumo, nessuna energia reattiva ($\cos\phi > 0,96$)
- pieno funzionamento dell'alimentatore garantito fino a 95°C , doppia protezione per sovratemperature
- rilevazione parametri per ogni punto luce (tensione e corrente di alimentazione, potenza assorbita dal sistema alimentatore + lampada, temperatura alimentatore, ecc.)
- segnalazione allarmi (es. spegnimento lampada, mancanza alimentazione elettrica sul quadro, interruzione di linea)
- rilevazione stato di degrado della lampada grazie alla misurazione della tensione di lampada
- protezione reversibile per 380V
- piena compatibilità elettromagnetica sia dei circuiti di alimentazione e regolazione che della comunicazione PLC (onde convogliate)
- lunga durata: 72.000h con tasso di guasto inferiore al 10% (corrispondente a circa 17 anni di funzionamento).

I calcoli elettrici ed illuminotecnici sono riportati in appositi elaborati.